

# 人体動作分析による空間規模に関する研究（第38報）

## 折れ曲がり通路における複数歩行者による通り抜け歩行 その3

中 島 一\*1・建 部 謙 治\*2

## Study on the Space by an Analysis of Human Movement (Part 38)

### Passing through by plural Walkers in the Passage (Part 3)

Hajimu Nakajima・Kenji Tatebe

通路は、設計計画においても一般に単なる通行に関する行動、日常生活慣習として扱われる面があり、これより個人の不快を招く事柄も、人間の順応性を期待しているのが現状である。これは歩行動作を単純動作と考え、基本的な歩行特性を考慮していない点にも原因があると考えられる。そこでこうしたことの手がかりとして、本論文では、歩行時における人体動作を分析することにより、通路に設置された家具の、歩行動作に与える影響をさぐり、もって通路構成による歩行特性を明らかにしようとするものである。

#### 1. はじめに

本研究は歩行時における人体動作を分析することにより、通路に設置された家具の、歩行動作に与える影響をさぐり、もって通路構成による歩行特性を明らかにしようとするものである。折れ曲がり通路においては、すでに両面壁体の場合<sup>1)</sup>と片面壁体の場合<sup>2)</sup>について報告したので、これらに引き続き今回は総合的にみた折れ曲がり通路における複数歩行者の通り抜け歩行について報告する。

ここでは通路幅員（L）をL=1, 1.5, 2, 3, 4 mに、家具高さ（H）をH=45, 90, 135cmに、歩行人数（M）をM=2, 3, 4, 5人に、それぞれ変化さ

せて実験を行なっている。

表1及び図1は今回取り扱う通路構成を示したものであるが、ここでは両面壁体外家具をDL<sub>o</sub>。というように、それぞれの通路構成をDL<sub>o</sub>, DL<sub>i</sub>, SL<sub>o</sub>, SL<sub>i</sub>と略記している。また歩行者の出発時における配列位置（S.P）により、歩行者が4人や5人の場合は当初から追従関係ができていますが、これを「縦列関係」とし、S.Pでは追従関係がないが歩行中に追従関係が生まれるものを「横列関係」として扱っている。

表1 通路構成

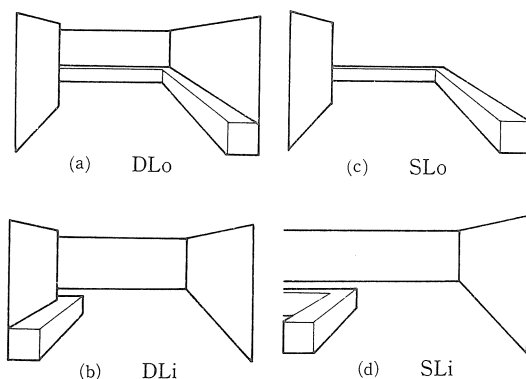
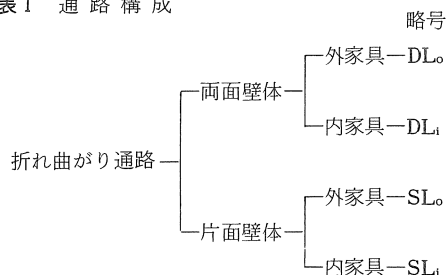


図1 通路構成例（H=45cm, L=3m）

(a) DLo

表 2. 歩行形態

M (人)	L (m) H (cm)	r f					l f				
		1	1.5	2	3	4	1	1.5	2	3	4
2	45	ㄣ	ㄥ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄣ	ㄥ	ㄷ	ㄥ	ㄷ
	90	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄥ	ㄥ	ㄥ	ㄷ
	135	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄥ	ㄥ	ㄷ	ㄷ	ㄷ
3	45	ㄱ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄱ	ㄣ	ㄷ	ㄷ	ㄷ
	90	ㄱ	ㄷ	ㄷ	ㄣ	ㄷ	ㄱ	ㄷ	ㄷ	ㄣ	ㄷ
	135	ㄱ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄥ	ㄱ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄷ
4	45	ㄱㄱ	ㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱ	ㄱㄱ	ㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ
	90	ㄱㄱ	ㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱ	ㄱㄱ	ㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ
	135	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ
5	45	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ
	90	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ
	135	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ

(b) DLi

M (人)	L (m) H (cm)	r f					l f				
		1	1.5	2	3	4	1	1.5	2	3	4
2	45	ㄷ	ㄷ	ㄥ	ㄷ	ㄷ	ㄥ	ㄷ	ㄥ	ㄷ	ㄥ
	90	ㄥ	ㄷ	ㄥ	ㄥ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄥ	ㄥ
	135	ㄣ	ㄷ	ㄥ	ㄥ	ㄷ	ㄷ	ㄥ	ㄥ	ㄷ	ㄥ
3	45	ㄱㄱ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄥ	ㄱㄱ	ㄥ	ㄥ	ㄷ	ㄥ
	90	ㄱ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄱ	ㄥ	ㄷ	ㄷ	ㄷ
	135	ㄱ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄱ	ㄥ	ㄷ	ㄷ	ㄷ
4	45	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ
	90	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ
	135	ㄱㄱ	ㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱ	ㄱㄱ	ㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ
5	45	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ
	90	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ
	135	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ	ㄱㄱ

(c) SLo

M (人)	L (m) H (cm)	r f					l f				
		1	1.5	2	3	4	1	1.5	2	3	4
2	45	ㄷ	ㄷ	ㄥ	ㄥ	ㄥ	ㄥ	ㄥ	ㄷ	ㄥ	ㄥ
	90	ㄷ	ㄥ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄥ	ㄷ	ㄷ	ㄷ
	135	ㄷ	ㄥ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄥ	ㄥ	ㄷ	ㄥ	ㄷ
3	45	ㄱㄱ	ㄷ	ㄥ	ㄥ	ㄥ	ㄱㄱ	ㄥ	ㄥ	ㄥ	ㄥ
	90	ㄱ	ㄥ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄱ	ㄥ	ㄷ	ㄷ	ㄷ
	135	ㄱ	ㄷ	ㄷ	ㄥ	ㄥ	ㄱ	ㄥ	ㄷ	ㄷ	ㄷ
4	45	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ
	90	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ
	135	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ
5	45	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ
	90	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ
	135	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ

(d) SLi

M (人)	L (m) H (cm)	r f					l f				
		1	1.5	2	3	4	1	1.5	2	3	4
2	45	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄥ	ㄥ	ㄣ	ㄷ	ㄷ	ㄷ
	90	ㄣ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄥ	ㄷ	ㄷ
	135	ㄥ	ㄷ	ㄷ	ㄥ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄥ
3	45	ㄱ	ㄥ	ㄷ	ㄷ	ㄥ	ㄱ	ㄥ	ㄷ	ㄥ	ㄷ
	90	ㄱ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄱ	ㄷ	ㄥ	ㄷ	ㄷ
	135	ㄱ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄷ	ㄱ	ㄷ	ㄷ	ㄥ	ㄷ
4	45	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ
	90	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ
	135	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ
5	45	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ
	90	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ
	135	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ

(注) r f: 右折(曲り)、l f: 左折(曲り)

## 2. 解析結果の検討

## ① 歩行形態

歩行形態についてみると、表2に示すとおり、横列関係では内側の歩行者が角退出時に先導者となる $\beta$ 型が一般的であり、縦列関係では前列者が後列者を角進入時退出時とも先導する $\delta$ 型が一般的である。これは折れ曲がり地点における横列歩行では、一般に外側の歩行者は内側の歩行者に遅れないとするため、角進入時直前には内側の歩行者よりやや先行するが、折れ曲がり後は内側の歩行者に追従するためと考えられる。そこで横列関係において内側の歩行者が角進入時退出時とも先導者となる $\alpha$ 型に着目すると、 $\alpha$ 型は $M=2$ の場合に多く、また幅員が小さいほど $\alpha$ 型が生まれる可能性が高くなる。

(表3, 表4, 表5参照)

通路構成による比較を行なうと、両面壁体外家具、両

表3. 横列関係における歩行形態

(単位: %)

歩行形態 歩行空間	$\alpha$ 型	$\beta$ 型	その他	計
DL <sub>o</sub>	25.0	59.0	16.0	100
DL <sub>i</sub>	28.2	62.8	9.0	100
SL <sub>o</sub>	30.1	56.4	13.5	100
SL <sub>i</sub>	24.4	62.2	13.5	100
平均	26.9	60.1	13.0	100

表4.  $\alpha$ 型における歩行人数の比較

(単位: %)

M (人) 歩行空間	2	3	計
DL <sub>o</sub>	76.9	23.1	100
DL <sub>i</sub>	81.8	18.2	100
SL <sub>o</sub>	70.2	29.8	100
SL <sub>i</sub>	65.8	34.2	100
平均	73.8	26.2	100

表5.  $\alpha$ 型における幅員の比較

(単位: %)

L (m) 歩行空間	$L \leq 1.5$	$L > 1.5$	計
DL <sub>o</sub>	69.2	30.8	100
DL <sub>i</sub>	54.5	45.5	100
SL <sub>o</sub>	55.3	44.7	100
SL <sub>i</sub>	50.0	50.0	100
平均	57.1	42.9	100

面壁体内家具及び片面壁体内家具では幅員と人数による影響しかみられないが、片面壁体外家具では幅員、人数とともに、表6に示すとおり、家具高さによる影響も認められ、 $H=45$ cmでは $\alpha$ 型が生まれる確率が高くなる。

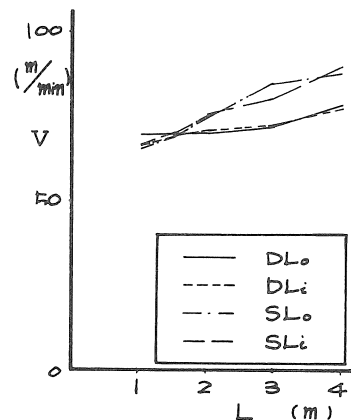
② 歩行速度:  $V$  (m/min)

歩行速度については、一般に幅員が大きくなるにしたがって歩行速度も大きくなる。図2は各通路構成の歩行速度の平均値を示したものであるが、片面壁体では両面壁体と比べると幅員に比例して歩行速度が大きくなる率が高くまた大きい。これは開放された空間では歩行は速くなることが考えられる。また家具高さについては、両面壁体ではほとんど違いはみられないのに対し、片面壁体の外家具では歩行速度は $H=45 < 90 < 135$  cmで、内家具では逆に $H=45 > 90 > 135$  cm である。すなわち $H=45$ cmは、内家具では歩行速度は大きく、外家具では逆に小さいことより、通路構成が歩行動作に強く影響していることが分る。またここでは片面壁体の内家具では $H=45$ cmが開放性が強く、外家具では逆に閉鎖的と考えられる可能性もあるが、片面壁体外家具の $H=45$ cmのように外側に開放されたものは、家具側に引き寄せられるため歩行速度は小さくなるといえる。

表6.  $\alpha$ 型における家具高さの比較

(単位: %)

H (cm) 歩行空間	45	90	135
DL <sub>o</sub>	23.1	23.1	28.8
DL <sub>i</sub>	34.6	26.9	23.1
SL <sub>o</sub>	48.1	25.0	17.3
SL <sub>i</sub>	21.2	21.2	30.8
平均	31.7	24.0	25.0

図2.  $V-L$  (ave)  $M=4$ 人

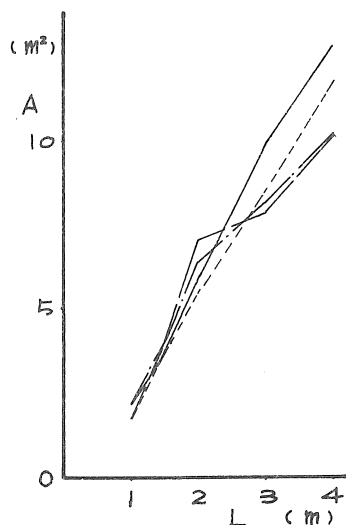


図3. A-L (ave) M=4人

③ 回転隅角面積：A (m<sup>2</sup>)

図3は各歩行空間の回転隅角面積の平均値を示したものであるが、これによると回転隅角面積は幅員に最も影響をうけ、一般に幅員が大きくなるにしたがって大きくなる。これは歩行動線を通路の中央にとるため当然の結果といえよう。ところで注目すべきは、幅員における各区間に各通路構成独自の特徴がみうけられることである。すなわち  $L \leq 1.5\text{m}$  においては外側に開放性があると考えられる外家具が、内家具より回転隅角面積が大きく、 $1.5 \leq L < 3\text{m}$  では両面壁体より片面壁体の方が回転隅角面積は大きく、また  $L \geq 3\text{m}$  では片面壁体より両面壁体の方が回転隅角面積は大きくなっている。そして  $L \geq 3\text{m}$  では歩行者は家具側に引きつけられると思われることから、両面壁体、片面壁体いずれも内家具より外家具の方が回転隅角面積は大きくなっている。ところが  $1.5 \leq L < 3\text{m}$  の片面壁体では内家具は外家具に比べて回転隅角面積がかなり大きくなっているのである。これにより片面壁体内家具では  $L = 2\text{m}$  あたりに特異な歩行特性があると考えられる。

## ④ 角接近距離：d (cm)

図4は各通路構成の平均値を示したものであるが、一般に幅員が大きくなるにしたがって角接近距離も大きくなる。幅員が大きいと ( $L > 2\text{m}$ ) 両面壁体より片面壁体は内回りで、また内家具の方が外家具より内回りとなる。そしてこの場合家具が低いほど内回りとなる。ところが幅員が小さいと ( $L \leq 2\text{m}$ ) それぞれの通路構成による特徴がみられる。特に片面壁体外家具では他の歩行空間より角接近距離は大きく、外家具側に歩行者は引きつけられている。この場合  $H = 45\text{cm}$  は  $135\text{cm}$  より角接近

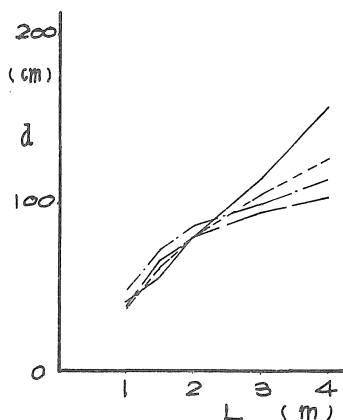
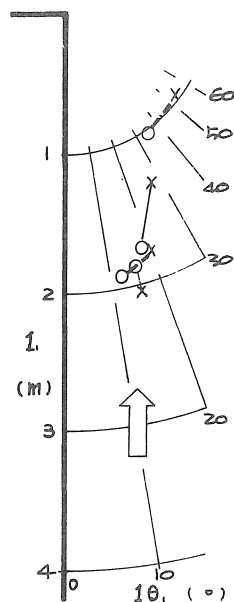


図4. d-L (ave) M=5人

図5.  $l_1, l\theta_1$ ,  $L=1\text{m}$ ,  $M=2$ 人

距離は大きくくなっている。また  $H = 90\text{cm}$  は  $H = 45\text{cm}$  と  $135\text{cm}$  の両方の要素を持っていると考えられる。

⑤ 折れ曲がり動作開始位置： $l_1$ ,  $l\theta_1$ , (m<sup>2</sup>)

折れ曲がり動作開始位置についてみると、幅員によって各通路構成の特徴がみられ、およそ3つに分けて考えることができる。

まず第1に幅員が小さい  $L < 1.5\text{m}$  では、図5に示すように、外家具と比較して内家具は早く折れ曲がり動作を開始する。

内家具の場合、全体的には両面壁体と片面壁体の顕著な違いは認められないものの、家具高さ  $45\text{cm}$  では片面壁体の方が早く折れ曲がり動作を開始し、 $135\text{cm}$  では両面壁体の方が早く折れ曲がり動作を開始する。また片面壁体内家具の  $H = 135\text{cm}$  は、内家具の中では一番折れ曲がり動作が遅く、片面壁体内家具における  $H = 135\text{cm}$  は歩行者を反発させるものであると考えられる。

一方外家具では明らかに片面壁体の方が両面壁体より遅く折れ曲がり動作を開始しており、歩行者が外家具に引っぱられているような結果がみられる。家具高さについては、両面壁体ではほとんど違いはみられないが、片面壁体では  $H = 135\text{cm}$  の方が  $45\text{cm}$  よりやや外家具よりの動線をとる、折れ曲がり動作が遅れるといえる。

第2に図6に示すように、幅員が大きい場合 ( $L > 2\text{m}$ )、幅員が小さい場合にみられたように、内家具では外家具より早く折れ曲がり動作を開始し、特に片面壁体にその傾向が強い。

内家具では片面壁体の方が両面壁体より早く折れ曲がり

り動作を開始する。そして相方とも  $H=45\text{cm}$  は  $135\text{cm}$  より家具側に寄った形で早く折れ曲がり動作が始まる。特に片面壁体内家具の  $H=45\text{cm}$  では他のどれよりも折れ曲がり動作が早い。

また外家具でも内家具の場合と同様に、両面壁体より片面壁体の方が折れ曲がり動作が早い、家具高さによる顕著な差はみられない。すなわち幅員が大きいと家具高さの影響は外家具の場合は弱い、内家具の場合は強く出てくると考えられる。

第3に  $1.5 \leq L \leq 2\text{m}$  にあたる区間では、図7に示すようにほとんど通路構成による違いはみられない。わずかに、内家具は内家具側を、外家具は外家具側に折れ曲がり動作開始位置が集中する傾向がみられる。

#### ⑥ 折れ曲がり動作終了位置: $1_2, 1\theta_2$ ( $\text{m}^\circ$ )

折れ曲がり動作終了位置についてみると、幅員が大きい  $L \geq 2\text{m}$  の場合、図8に示すように、外家具では内家具より早く折れ曲がり動作を終了し、遅く折れ曲がり動作を終了するものほど内壁あるいは内家具側に寄る傾向がある。また片面壁体と両面壁体を比較すると、両面壁体の方が折れ曲がり動作を終了するのが早い。折れ曲がり動作終了の早い順に示すと、一般的には両面壁体外家具、片面壁体外家具、両面壁体内家具、片面壁体内家具となる。家具高さについても明らかにその違いがみられ、内家具では  $H=45\text{cm}$  は折れ曲がり動作終了が遅く内家具側に位置しており、家具側に歩行者が引きつけられていると考えられる。また  $H=45\text{cm}$  の外家具では  $H=135\text{cm}$

のものより外家具側に位置する。

また  $L < 2\text{m}$  でもほぼ同様であるが、図9に示すように、外家具では外家具側に寄った形で早く折れ曲がり動作を終了し、内家具では内家具側に寄った形で遅く折れ曲がり動作を終了する。家具高さについても、いずれも  $H=45\text{cm}$  は  $135\text{cm}$  より折れ曲がり動作終了は遅いのが特徴である。

#### ⑦ 追従位置: $S_1, S\theta_1, S_2, S\theta_2$ ( $\text{cm}^\circ$ )

角進入時における追従位置をみると、図10、図11に示すように、 $S_1$  はおよそ  $1 \leq S_1 \leq 1.5\text{m}$  に集中しており、

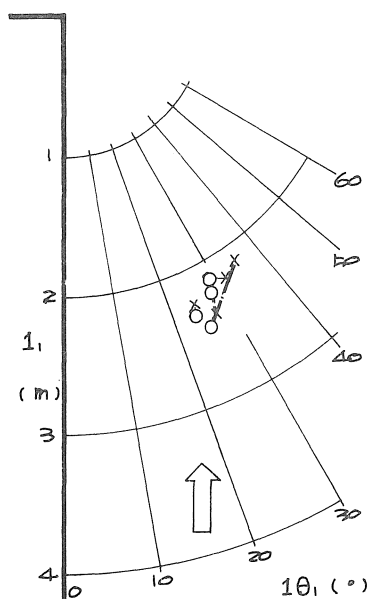


図7.  $1_1, 1\theta_1$   $L=2\text{m}, M=5$ 人

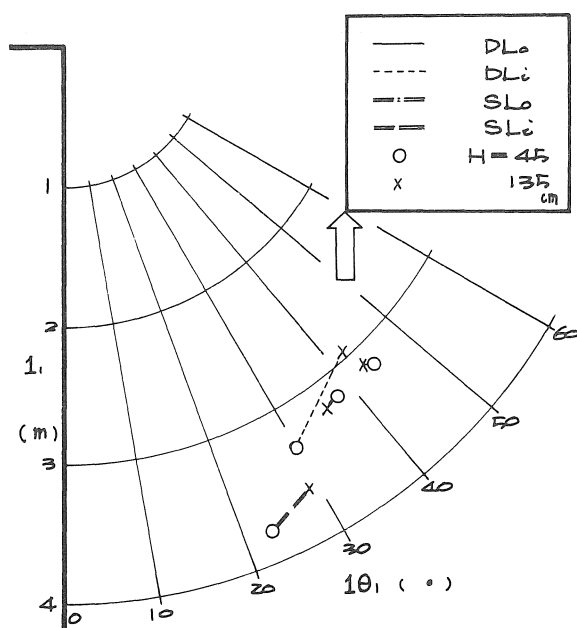


図6.  $1_1, 1\theta_1$   $L=4\text{m}, M=5$ 人

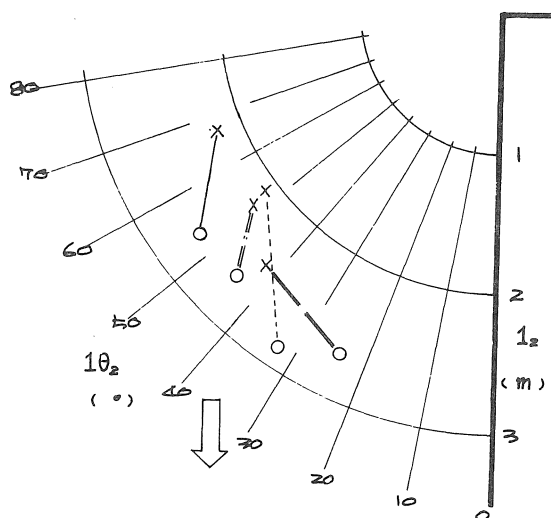
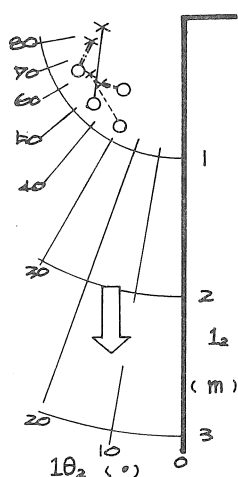
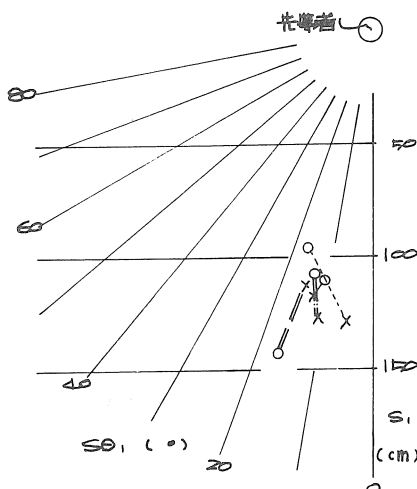
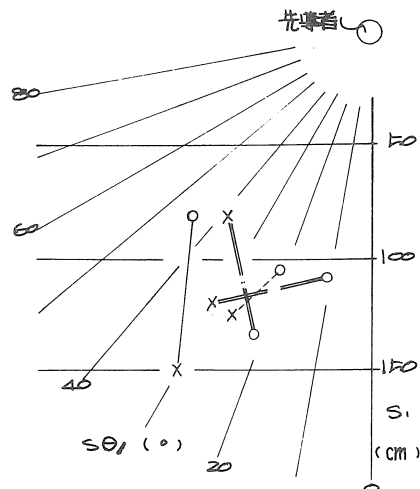


図8.  $1_2, 1\theta_2$   $L=4\text{m}, M=5$ 人

図 9.  $1.2, 10.2$   $L = 1m, M = 5人$ 図10.  $S_1, S\theta_1$   $L = 1.5m, M = 4人$ 図11.  $S_1, S\theta_1$   $L = 4m, M = 4人$ 

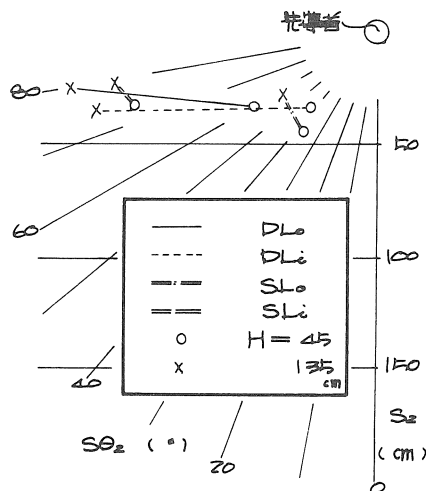
幅員が大きくなるにしたがって歩行者は先導者が視覚的にもじゃまにならない位置、すなわち視界の広い地点に位置するといえる。各歩行空間による違いはほとんどみられないが、幅員が小さい  $L < 2m$  では、内家具の場合  $H = 45cm$  は  $135cm$  と比べて視界の広い地点に位置するといえる。またこの場合、両面壁体内家具の  $H = 45cm$  では先導者に近寄った形で、片面壁体内家具では先導者より離れた形で位置関係にあるのが特徴である。幅員の大きい場合には、通路構成による影響が大であると考えられる。

一方角退出時における追従位置についてみると、図12に示すように、角進入時と比べてより視界の広い地点に位置するといえる。角進入時同様、各通路構成の違いがみられないが、家具高さについては特徴がみられる。すなわち両面壁体内家具では  $H = 135cm$  は  $45cm$  と比べて先導者からかなりの距離をおいた地点に位置し、片面壁体内家具の  $H = 135cm$  は  $45cm$  と比べると視界の広い地点に位置するといえるのである。しかし外家具の場合は明確な傾向はみられない。

### 3. 結 論

以上のことより次のことがいえる。

- ① 幅員が小さいと歩行は規制され整然とした歩行形態をとる。
- ② 横列関係において、2人の場合では内側の歩行者が主導権をにぎる可能性が高く必然性はあるが、3人では各歩行者の個性が出やすい。すなわち人数が多くなるほど行動予測は複雑となる。
- ③ 家具高さ  $45cm$  と  $135cm$  とはその存在感が全く異なったものであると考えられる。
- ④ 壁体がなく家具だけの場合にその効果は大きい。特

図12.  $S_2, S\theta_2$   $L = 4m, M = 4人$ 

に幅員が大きい場合にその存在感も大きい。

- ⑤ 壁体がある場合は家具の存在感は小さくなる。しかしこれも幅員が小さいとその存在感は大きい。
- ⑥ 家具高さ  $90cm$  は  $45cm$  や  $135cm$  の両方の要素を持ち、環境条件によって変化する。
- ⑦ 家具によっては歩行者を引き寄せる要素と反発させる要素の両面を持つ。一般に家具高さ  $45cm$  は歩行者を引き寄せ、 $135cm$  は反発させる。これが折れ曲がり動作に顕著に現われる。
- ⑧ 幅が  $1.5m$  ないし  $2m$  が、通路構成による歩行者への影響力の変化する区間であるため、設計計画においては幅員による考慮も必要である。

参考文献

- 1) 中島一・建部謙治：人体動作分析による空間規模に関する研究（第36報），折れ曲がり通路における複数歩行者による通り抜け歩行 その1  
日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道）  
P 719～720 1978. 9
- 2) 中島一・建部謙治：人体動作分析による空間規模に関する研究（第37報），折れ曲がり通路における複数歩行者による通り抜け歩行 その2  
日本建築学会東海支部研究報告 第17号  
P 193～196 1979. 2